



Edition  
Harri   
Deutsch 

# Statik

insbesondere Schnittprinzip

von

Gerhard Knappstein

Denis Anders

**5. Auflage**

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 56504**

### **Der Autor**

Dipl.-Ing. Gerhard Knappstein war nach seiner Ausbildung zum Werkzeugmacher und dem Maschinenbaustudium als Konstrukteur und Berechnungsingenieur in der Industrie tätig. Anschließend war er Mitarbeiter im Fachbereich Maschinenbau – Fachgebiet Technische Mechanik – an der Universität Siegen.

### **Der Koautor**

Prof. Dr.-Ing. Denis Anders war nach dem Studium der Technischen Mathematik an der Universität Siegen und der anschließenden Promotion am Lehrstuhl für Festkörpermechanik mehrere Jahre als Entwicklungs- und Berechnungsingenieur im Maschinen- und Anlagenbau tätig. Seit 2016 hat er die Professur für Technische Mechanik und Strömungslehre an der Technischen Hochschule Köln inne.

5. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 1

ISBN 978-3-8085-5651-1

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autor und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Alle Abbildungen wurden von den Autoren entworfen und erstellt.

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<https://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satzherstellung Dr. Naake, 09212 Limbach-Oberfrohna  
Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald  
Druck: Totem, 88–100 Inowrocław, Polen

# Vorwort

Das Buch wendet sich in erster Linie an Studierende in den Anfangssemestern technischer Fachrichtungen an Fachhochschulen und Universitäten. Es entspricht dem Lehrstoff des Teilgebiets Statik starrer Körper im Grundlagenfach Technische Mechanik.

In der vorliegenden Auflage wird das Schnittprinzip (Schnittmethode oder Schnittverfahren) weiterhin besonders ausführlich behandelt, weil ihm in der Technischen Mechanik eine grundlegende Bedeutung zukommt.

Besondere Aufmerksamkeit habe ich den Zeichnungen gewidmet, da Studierende dadurch viel schneller und besser über schwierigere Sachverhalte „im Bilde“ sind, als das je mit Text geschehen könnte.

Beobachten kann man immer wieder bei den Studierenden, welche große Schwierigkeiten sie beim Lösen von Mechanikaufgaben haben, obwohl sie glauben, die – oft einfachen – Gesetzmäßigkeiten der Mechanik vollkommen verstanden zu haben. Um hier zu mehr Verständnis beizutragen, wird die vorgetragene Theorie zusätzlich mit vielen ausführlich gelösten Beispielen verständlich gemacht.

Zum Erreichen eines optimalen Lernerfolgs, sollte sich der Lernende die Mühe machen, mit Bleistift und Papier die Beispiele und Aufgaben durchzuarbeiten. Der Übende kann testen, ob er in der Lage ist, ein Problem selbständig zu lösen. Unbedingt erforderlich ist, dass Aufgabenlösungen – nicht nach „**Schema F**“, sondern mit **Verstand** und den Grundgesetzen der Mechanik – durchzuführen sind. Hilfreich ist oft, die Beispiele und Aufgaben zu zweit oder zu dritt durchzuarbeiten, zu vergleichen und die Lösungen zu diskutieren.

Da oft viele Studienanfänger den Weg von der Problemstellung zur Lösung verlieren, wenn man ihn nicht systematisch anlegt, wird ergänzend die „Technik des AufgabenlöSENS“ in einem eigenen Kapitel behandelt. Weiterhin werden Leitlinien zum Lösen von Mechanik-Aufgaben als grundsätzliches Lösungsverfahren angegeben. Im Anhang werden die Grundbegriffe der Vektorrechnung erläutert.

Die jetzt vorliegende 5. Auflage wurde überarbeitet und vor allem im Hinblick auf die Abbildungen neu gestaltet. Zusätzlich ist Denis Anders als Koautor dazu gekommen.

Wir danken dem Verlag Europa-Lehrmittel und insbesondere Herrn Klaus Horn, der eine wichtige Stütze bei der Entwicklung der neuen Auflage war, für die sehr gute Zusammenarbeit. Ebenso sei Herrn Dr. Steffen Naake gedankt, der uns bei der Umsetzung in  $\text{\LaTeX}$  massiv unterstützt hat.

Siegen, Frühjahr 2022

Gerhard Knapstein, Denis Anders

Fragen, Kommentare und Anregungen an:

Autoren und Verlag Europa-Lehrmittel

Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG

Düsselderger Str. 23

42781 Haan-Gruiten

lektorat@europa-lehrmittel.de

<https://www.europa-lehrmittel.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	1
<b>1 Grundbegriffe</b> .....	3
1.1 Begriffserklärung „Statik starrer Körper“ .....	3
1.2 Kräfte und Kraftarten .....	3
1.3 Streckenlasten .....	5
1.4 Was ist ein mechanisches System? .....	6
1.5 Einteilung der Kräfte .....	6
1.6 Aufgabe der Statik .....	8
1.7 Modellbildung, Ersatzsystem, Idealisierung .....	8
1.8 Rechnerische Bearbeitung von Gleichgewichtsproblemen .....	8
1.9 Lagerungen .....	9
1.9.1 Lagerungen in der Ebene .....	10
1.9.2 Lagerungen im Raum .....	11
1.9.3 Verbindungselement zwischen zwei Körpern in der Ebene .....	13
1.10 Abgrenzen (Aufteilen) eines mechanischen Systems .....	13
1.11 Das Freimachen .....	14
1.11.1 Beispiele zum Freimachen .....	18
1.12 Erstarrungsmethode .....	22
1.13 Axiome der Statik .....	23
1.13.1 Das Gleichgewichtsaxiom .....	23
1.13.2 Das Reaktionsaxiom (Wechselwirkungsgesetz) .....	24
1.13.3 Das Axiom von der Verschiebbarkeit einer Kraft auf ihrer Wirkungslinie .....	24
1.13.4 Das Axiom vom Kräfteparallelogramm .....	24
1.14 Schnittprinzip (Schnittmethode oder Schnittverfahren) .....	25
1.15 Anschauungsmodelle zum Schnittprinzip .....	28
1.15.1 Schaumgummi-Balken mit biegesteifem Stoß .....	28
1.15.2 Balken auf 2 Stützen mit 3 herausnehmbaren Stäben .....	29
1.15.3 Fachwerk .....	32
1.16 Fragen und Antworten .....	33
<b>2 Kräfte mit einem gemeinsamen Angriffspunkt (zentrales Kräftesystem)</b> ...	35
2.1 Zusammensetzung und Zerlegen von Kräften in der Ebene, Komponentendarstellung .....	35
2.1.1 Beispiel .....	37
2.2 Gleichgewicht in der Ebene .....	38
2.2.1 Drei nichtparallele Kräfte im Gleichgewicht .....	39
2.2.2 Beispiele .....	40
2.3 Räumliches zentrales Kräftesystem .....	44
2.4 Fragen und Antworten .....	47

<b>3</b>	<b>Allgemeines Kräftesystem</b> . . . . .	49
3.1	Allgemeines Kräftesystem in der Ebene . . . . .	49
3.1.1	Kräftepaar und Moment des Kräftepaars . . . . .	49
3.1.2	Moment einer Kraft, Versatzmoment (Parallelverschiebung einer Kraft), Momentensatz . . . . .	50
3.1.3	Resultierende und resultierendes Moment ebener Kraftsysteme . . .	53
3.1.4	Gleichgewicht und Gleichgewichtsbedingungen im ebenen Kräftesystem . . . . .	55
3.1.4.1	Beispiele . . . . .	57
3.1.5	Gleichgewicht bei vier Kräften in der Ebene (Verfahren nach CULMANN) . . . . .	60
3.1.5.1	Beispiel . . . . .	61
3.2	Allgemeines Kräftesystem im Raum . . . . .	61
3.2.1	Moment einer Kraft (Momentenvektor) . . . . .	62
3.2.2	Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	63
3.2.3	Beispiele . . . . .	65
3.3	Fragen und Antworten . . . . .	68
<b>4</b>	<b>Schnittprinzip beim Lager sowie beim Gelenk</b> . . . . .	71
4.1	Einteilige ebene Tragwerke . . . . .	72
4.1.1	Statische Bestimmtheit . . . . .	72
4.1.2	Beispiele . . . . .	73
4.2	Mehrteilige ebene Tragwerke . . . . .	75
4.2.1	Statische Bestimmtheit . . . . .	76
4.2.2	Beispiele . . . . .	77
4.3	Räumliche Tragwerke . . . . .	82
4.3.1	Beispiel . . . . .	83
4.4	Fragen und Antworten . . . . .	90
<b>5</b>	<b>Schnittprinzip bei Seil, Kette und beim Stab für ebene Kraftsysteme</b> . . . . .	93
5.1	Seil und Kette . . . . .	93
5.1.1	Beispiele . . . . .	95
5.2	Stab, ebenes Fachwerk . . . . .	96
5.2.1	Statische Bestimmtheit beim Fachwerk . . . . .	97
5.2.2	Aufbau eines Fachwerks . . . . .	98
5.2.3	Ermittlung der Stabkräfte . . . . .	99
5.2.3.1	Knotenpunktverfahren . . . . .	99
5.2.3.2	RITTERSches Schnittverfahren . . . . .	100
5.2.3.3	Nullstäbe erkennen . . . . .	108
5.3	Fragen und Antworten . . . . .	108
<b>6</b>	<b>Schnittprinzip bei Balken, Rahmen, Bogen und bei räumlich belasteten Tragwerken</b> . . . . .	111
6.1	Schnittgrößen am Balken . . . . .	111
6.1.1	Beispiel . . . . .	112
6.1.2	Differenzielle Zusammenhänge zwischen Belastung und Schnittgrößen . . . . .	118

6.1.3	Wichtige Aussagen zu den Schnittgrößen $Q$ und $M$ . . . . .	119
6.1.4	Beispiele . . . . .	120
6.1.5	Punktweise Ermittlung der Schnittgrößen . . . . .	133
6.1.6	Übersichtstabellen zu den Schnittgrößen $Q$ und $M$ in Abhängigkeit von Belastung, Lagerung und Verbindungsart . . . . .	138
6.2	Schnittgrößen beim Rahmen . . . . .	139
6.2.1	Beispiel . . . . .	140
6.3	Schnittgrößen beim Bogen . . . . .	145
6.3.1	Beispiel . . . . .	145
6.4	Schnittgrößen bei räumlich belasteten Tragwerken . . . . .	150
6.4.1	Beispiele . . . . .	150
6.5	Fragen und Antworten . . . . .	154
<b>7</b>	<b>Der Schwerpunkt</b> . . . . .	157
7.1	Massen- bzw. Gewichtsschwerpunkt . . . . .	157
7.1.1	Beispiel . . . . .	159
7.2	Volumenschwerpunkt . . . . .	161
7.2.1	Beispiel . . . . .	161
7.3	Flächenschwerpunkt . . . . .	163
7.3.1	Beispiel . . . . .	164
7.4	Linienschwerpunkt . . . . .	165
7.4.1	Beispiel . . . . .	165
7.5	Tabellen mit Schwerpunktkoordinaten . . . . .	166
7.6	Regeln von PAPPUS und GULDIN bei Rotationskörpern . . . . .	170
7.6.1	Oberflächenberechnung von drehsymmetrischen Körpern . . . . .	170
7.6.1.1	Beispiel . . . . .	170
7.6.2	Volumenberechnung von drehsymmetrischen Körpern . . . . .	171
7.6.2.1	Beispiel . . . . .	171
7.7	Fragen und Antworten . . . . .	172
<b>8</b>	<b>Haftung und Reibung</b> . . . . .	173
8.1	COULOMBSches Reibungsgesetz . . . . .	173
8.1.1	Beispiele . . . . .	176
8.2	Haftung und Reibung an Schrauben . . . . .	182
8.3	Reibung am Keil . . . . .	185
8.4	Seilhaftung und Seilreibung . . . . .	187
8.4.1	Beispiel . . . . .	187
8.5	Rollwiderstand (rollende Reibung) . . . . .	188
8.6	Fragen und Antworten . . . . .	190
<b>9</b>	<b>Das biegeschlaffe Seil</b> . . . . .	191
9.1	Seil mit beliebigem Durchhang . . . . .	192
9.2	Seil mit geringem Durchhang . . . . .	194
9.3	Beispiel . . . . .	195
9.4	Fragen und Antworten . . . . .	198

<b>10 Standsicherheit</b> .....	199
10.1 Definition der Standsicherheit .....	199
10.2 Beispiele .....	200
<b>11 Arbeit</b> .....	203
11.1 Arbeit einer Kraft, Potenzial .....	203
11.2 Prinzip der virtuellen Verrückungen .....	205
11.3 Ermittlung von Schnitt- und Reaktionskräften .....	209
11.4 Stabilität einer Gleichgewichtslage .....	209
11.4.1 Beispiele .....	211
<b>Lösen von Aufgaben</b> .....	229
1 Zur Technik des AufgabenlöSENS .....	229
2 Leitlinien zum LöSEN von Mechanik-Aufgaben aus der Statik .....	235
<b>Aufgaben mit ausführlichen LöSungen</b> .....	237
1 Aufgaben zum Thema „Allgemeines KräfteSystem“ .....	237
2 Aufgaben zum Thema „Gelenkträger, Dreigelenkbogen“ .....	298
3 Aufgaben zum Thema „Fachwerk“ .....	316
4 Aufgaben zum Thema „Schnittgrößenverläufe an mechanischen Systemen“ .....	332
5 Aufgaben zum Thema „Schwerpunkt“ .....	377
6 Aufgaben zum Thema „Haftung und Reibung“ .....	387
7 Aufgaben zum Thema „KräfteSystem im Raum“ .....	416
8 Aufgaben zum Thema „Biegeschlaffes Seil“ .....	439
9 Aufgabe zum Thema „Standsicherheit“ .....	443
<b>Anhang</b> .....	445
A1 Zeichenvereinbarungen .....	445
A2 Rechtwinkliges Rechts-Koordinatensystem .....	445
A3 Einheitennamen und Einheitenzeichen .....	446
A4 Vorsätze und Vorsatzzeichen für dezimale Teile und Vielfache von Einheiten .....	447
A5 Das griechische Alphabet .....	448
A6 Einige Formeln aus der Mathematik .....	449
A7 Einige Grundbegriffe der Vektorrechnung .....	450
Skalare .....	450
Vektoren .....	450
Gleichheit von Vektoren .....	450
Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar .....	451
Addition und Subtraktion von Vektoren .....	451
Einheitsvektor .....	452
Vektoren im rechtwinkligen Koordinatensystem .....	452
Skalarprodukt .....	453
Vektorprodukt (Kreuzprodukt) .....	454

---

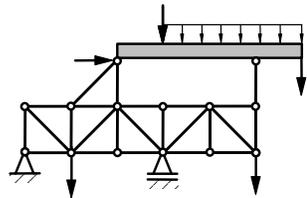
<b>Grundbegriffe und Formeln der Statik</b> .....	457
S1 Kräfte, Lagerungen, Freimachen, Axiome, Schnittprinzip .....	457
S2 Zentrales Kräftesystem .....	463
S3 Allgemeines Kräftesystem .....	467
S4 Ebenes Fachwerk .....	471
S5 Schnittgrößen am Balken .....	472
S6 Der Schwerpunkt .....	475
S7 Haftung und Reibung .....	482
S8 Das biegeschlaife Seil .....	484
S9 Arbeit; Potenzial; Prinzip der virtuellen Verrückungen; Stabilität einer Gleichgewichtslage .....	486
<b>Literatur</b> .....	489
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	491



# Übersicht der ausführlichen Beispiele

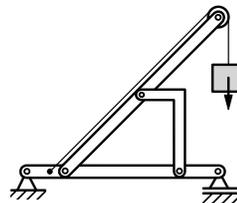
## 1 Erstarrungsmethode

- 1.1 Dachbinder-Konstruktion aus Fachwerk und Vollwandträger; Auflagerkräfte



22

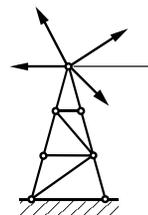
- 1.2 Kran-Konstruktion; Auflagerkräfte



22

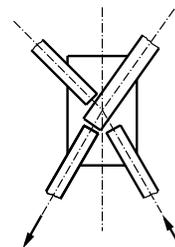
## 2 Kräfte mit einem gemeinsamen Angriffspunkt

- 2.1 Mast mit Einzelkräften in einer Ebene; resultierende Kraft



37

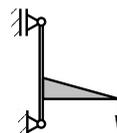
- 2.2 Knotenpunkt eines Fachwerks; Kräfte in den Stäben



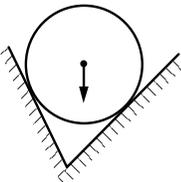
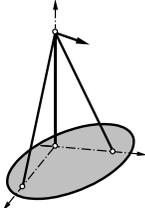
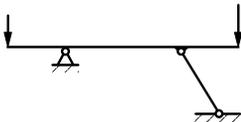
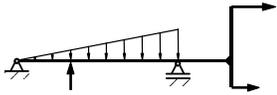
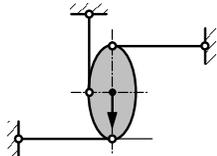
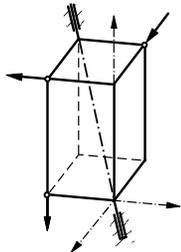
40

## 2 Gleichgewicht bei drei Kräften in der Ebene (zentrales Kräftesystem)

- 2.3 analytische und zeichnerische Lösung; Lagerkräfte

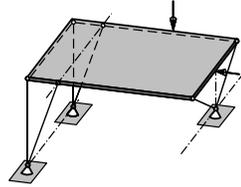


41

- 2.4 analytische und zeichnerische Lösung; Lagerkräfte  43
- 2 Räumliches zentrales Kräftesystem**
- 2.5 Räumliches Fachwerk; Bestimmung der Stabkräfte  46
- 3 Allgemeines Kräftesystem in der Ebene**
- 3.1 Einseitig eingespannter Träger; Auflagerreaktionen  57
- 3.2 Balken, gelagert mit einem festen Lager und einem Stab; Auflagerreaktionen  58
- 3.3 System, gelagert mit einem festen Lager und einem losen Lager; Auflagerreaktionen  59
- 3 Gleichgewicht bei vier Kräften in der Ebene (Verfahren nach CULMANN)**
- 3.4 Stabgestützte Scheibe, CULMANNSche Gerade; Stabkräfte  61
- 3 Allgemeines Kräftesystem im Raum**
- 3.5 gelagerter Quader; resultierendes Moment  65

### 3 Allgemeines Kräftesystem im Raum; skalare Gleichgewichtsbedingungen

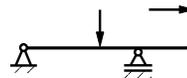
- 3.6 Starre Platte durch sechs Stäbe gestützt;  
Stabkräfte



66

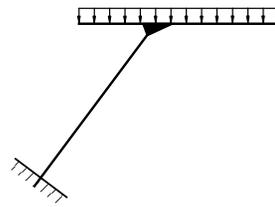
### 4 Schnittprinzip beim Lager

- 4.1 Träger auf 2 Stützen mit Kragteil;  
Lagerkräfte



73

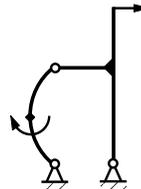
- 4.2 Einseitig eingespanntes Tragwerk;  
Lagerreaktionen



74

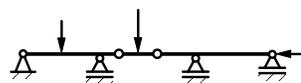
### 4 Schnittprinzip beim Gelenk

- 4.3 Dreigelenkbogen; Lager- und Gelenkkräfte



77

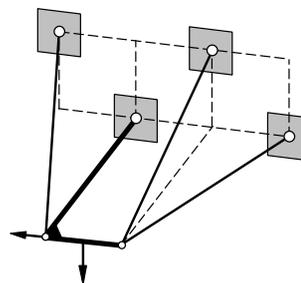
- 4.4 Gelenkbalken; Lager- und Gelenkkräfte



79

### 4 Schnittprinzip bei räumlichen Systemen

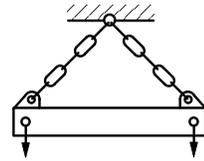
- 4.5 Räumlich gelagerter Träger; Lager- und Stabkräfte



83

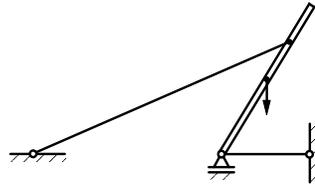
**5 Schnittprinzip bei Seil und Kette**

5.1 Lastaufhängung mit Ketten; Kräfte in den Ketten



95

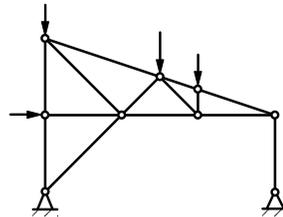
5.2 Mit Seilen und losem Lager gelagerter Balken; Kräfte in den Seilen



95

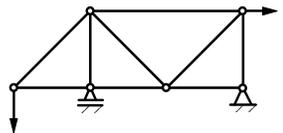
**5 Schnittprinzip beim Stab**

5.3 Einfaches ebenes Fachwerk; Stabkräfte



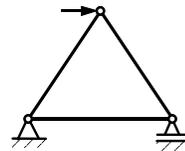
99

5.4 Fachwerk; Stabkräfte



100

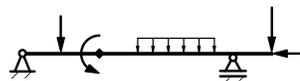
5.5 Fachwerk; Stabkräfte



103

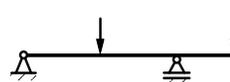
**6 Schnittprinzip am Balken**

6.1 Balken auf 2 Stützen mit Kragteil; Schnittgrößenverläufe



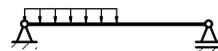
112

6.2 Balken auf 2 Stützen mit Kragteil und Einzelkraftbelastung; Schnittgrößenverläufe

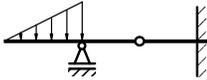
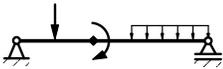
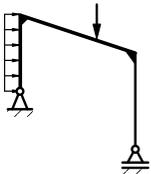
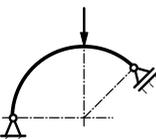
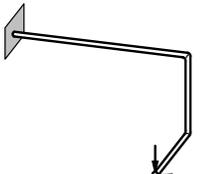
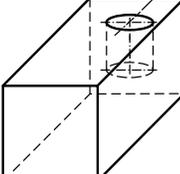


120

6.3 Balken auf 2 Stützen mit konstanter Streckenlast; Schnittgrößenverläufe

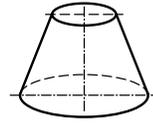


124

6.4	Balken auf 2 Stützen mit Belastung durch ein äußeres Moment; Schnittgrößenverläufe		127
6.5	Gelenkbalken mit dreiecksförmiger Streckenlast; Schnittgrößenverläufe		129
<b>6</b>	<b>Schnittprinzip am Balken; punktweise Berechnung der Schnittgrößen</b>		
6.6	Balken auf 2 Stützen; Schnittgrößenverläufe		134
<b>6</b>	<b>Schnittprinzip am Rahmen</b>		
6.7	Rahmen mit einem beweglichen Lager; Schnittgrößenverläufe		140
<b>6</b>	<b>Schnittprinzip am Bogen</b>		
6.8	Bogen mit einem beweglichen Lager; Schnittgrößenverläufe		145
<b>6</b>	<b>Schnittprinzip bei räumlichen Systemen</b>		
6.9	Räumlich belasteter Balken; Schnittgrößen		150
6.10	Räumlich gekrümmter Träger; Schnittgrößen		152
<b>7</b>	<b>Massenschwerpunkt</b>		
7.1	Quader mit eingesetztem Kunststoffzylinder; Schwerpunktkoordinaten		159

## 7 Volumenschwerpunkt

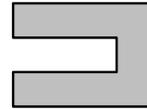
- 7.2 Kreiskegelstumpf; Schwerpunktkoordinate



161

## 7 Flächenschwerpunkt

- 7.3 Aus Grundformen aufgebaute Fläche; Schwerpunktkoordinaten



164

## 7 Linienschwerpunkt

- 7.4 Ebener Linienzug; Schwerpunktkoordinaten



165

## 7 Oberflächenberechnung von Rotationskörpern

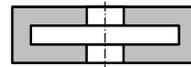
- 7.5 Zylindrisches Gefäß; PAPPUS-GULDINSche Regel; Oberfläche



170

## 7 Volumenberechnung von Rotationskörpern

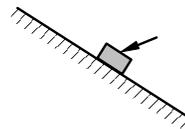
- 7.6 Drehsymmetrischer Ringkörper; PAPPUS-GULDINSche Regel; Volumen



171

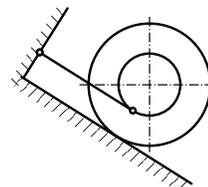
## 8 Haftung und Reibung

- 8.1 Masse an rauher Wand; Haftungskraft



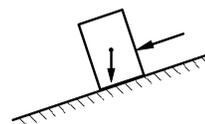
173

- 8.2 Masse auf rauher schiefer Ebene; Haftkraft zwischen Masse und schiefer Ebene



176

- 8.3 Walze auf rauher schiefer Ebene; Kräfte zwischen Walze und schiefer Ebene und Kraft im Seil; Haftungskoeffizient



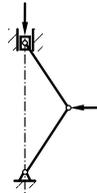
178

<p>8.4 Körper auf rauer schiefer Ebene; maximal mögliche Kraft <math>F</math>. Wann setzt Kippen ein?</p>		<p>179</p>
<p>8.5 Rolle an rauer Wand; maximal mögliche Kraft <math>F</math></p>		<p>180</p>
<p>8.6 Ringspurzapfen; Grenzdrehmoment</p>		<p>181</p>
<p><b>8 Seilhaftung und Seilreibung</b></p>		
<p>8.7 Seil mit Haftung; Grenzen für die Kraft <math>F</math></p>		<p>187</p>
<p><b>9 Biegeschlaffes Seil</b></p>		
<p>9.1 Über eine Rolle geführtes Seil; Länge des vertikalen Seilstückes</p>		<p>195</p>
<p><b>10 Standsicherheit</b></p>		
<p>10.1 Standsicherheit einer Zugmaschine auf geneigter Fahrbahn</p>		<p>200</p>
<p>10.2 Kippgefahr beim Stehaufmännchen</p>		<p>201</p>

## 11 Prinzip der virtuellen Verrückungen

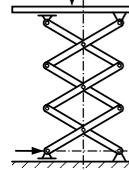
11.1 Kniehebelpresse; Kräfte im Gleichgewicht

211



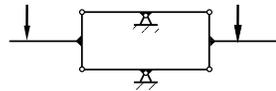
11.2 Scherenhebebühne; Hub- und Haltekraft

213



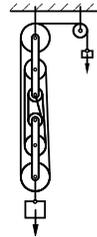
11.3 ROBERVALSche Waage; Kräfte im Gleichgewichtsfall

215



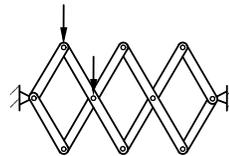
11.4 Flaschenzug; Gleichgewicht am Flaschenzug

216



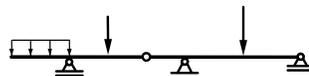
11.5 Scherenkonstruktion; Lagerreaktionen

218



11.6 Gelenkträger; Auflagerreaktionen

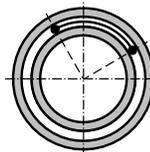
220



## 11 Stabilität einer Gleichgewichtslage

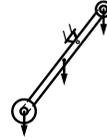
11.7 Ringkörper mit zwei miteinander verbundenen Massen; Stabiles Gleichgewicht?

223



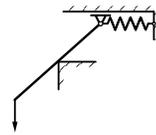
- 11.8 Stab mit zwei Gewichten; Stabile Gleichgewichtslagen?

225



- 11.9 Balken mit Feder; Kräfte im Gleichgewicht, stabiles Gleichgewicht?

226



**Zur Technik des Aufgabenlösendes: Ebenes, allgemeines Kräftesystem**

- L.1 Lehrbeispiel: Scheibe mit vier Kräften in einer Ebene; Bestimmung der Kräfte für das Gleichgewicht

231

